

(51)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

H 01 I, 1/14
G 05 b, 19/18

DEUTSCHES PATENTAMT



(52)

Deutsche Kl.:

21 g, 11/02
42 r1, 19/18

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

Offenlegungsschrift 2149 748

Aktenzeichen:

P 21 49 748.3

Anmeldetag:

5. Oktober 1971

Offenlegungstag:

6. April 1972

Ausstellungspriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum:

5. Oktober 1970

(33)

Land:

V. St. v. Amerika

(31)

Aktenzeichen:

78039

(64)

Bezeichnung:

Verfahren, Vorrichtung und System zur Herstellung von
Verbindungen zu integrierten Schaltungen

(61)

Zusatz zu:

—

(62)

Ausscheidung aus:

—

(71)

Anmelder:

Honeywell Information Systems Inc., Waltham, Mass. (V. St. A.)

Vertreter gem. § 16 PatG:

Bardehle, H., Dipl.-Ing., Patentanwalt, 8000 München

(72)

Als Erfinder benannt:

Umbaugh, Charles Wayne, Phoenix, Ariz. (V. St. A.)

DT 2149748

Dipl.-Ing. Heinz Bardehle
Patentanwalt
8000 München 22, Herrnstr.15

2149748

5. 10. 1971

Kein Zeichen: P 1306
Anmelder: Honeywell Information Systems Inc.
200 Smith Street
Waltham/Mass., V. St. A.

Verfahren, Vorrichtung und System zur Herstellung
von Verbindungen zu integrierten Schaltungen

Die Erfindung bezieht sich generell auf die Herstellung integrierter Schaltungen und insbesondere auf die Verbindung von funktionellen Bauelementen, wobei ein elektromagnetische Kraft ausübendes System zur Abgabe einer Haltekraft oder einer genau gesteuerten Kraft zum Zwecke der Ausführung einer Verbindung verwendet wird.

Das Aufkommen von elektronischen Einrichtungen aus integrierten Festkörperschaltungen hat zur Entwicklung einer Vielzahl von Verfahren zur Verbindung von Metallzuführleitungen mit metallisierten Halbleiterflächen geführt, um die Verbindung der betreffenden Einrichtungen zu bewirken. Zu diesen Verfahren gehört das Wärmedruck-Verbindungsverfahren, einschließlich einer Kugel- und Keilverbindung,

209815/1573

BAD ORIGINAL

bei der eine genau gesteuerte Wärme und ein genau gesteuerter Druck verwendet werden, um eine plastische Deformation und Diffusion des Materials während einer gesteuerten Zeitspanne zu bewirken. Andere Verbindungsverfahren umfassen eine Ultraschallverbindung, eine Parallelschalt-Lötung und -Schweißung, eine Laser-Schweißung, eine Wärmeimpuls-Verbindung sowie eine Feuerschweißverbindung, Plattierung und Druckschweißung. Mit dem Aufkommen der gleichzeitigen Herstellung einer Vielfachverbindung einer großen Anzahl von Anschlußklemmen oder Verbindungsgliedern ist der Abstand zwischen den Zuführleitungen in erheblichem Maße verringert worden, und eine Berücksichtigung genauer Toleranzen und die Steuerung der Verbindungsparameter ist in zunehmendem Maße bedeutsam geworden. Nach diesen Verfahren werden u.a. Richtleitungen, Flipflop-Chips, umkapselte Richtigtrahmen und andere abziehartige Verbindungen hergestellt. Viele Verfahren der Präzisionsschweiß-Verfahren und Präzisions-Verbindungsverfahren erfordern, daß eine genaue Kraft auf das Verbindungselement ausgeübt wird, wobei die Kraft entweder eine Klemmkraft ist, welche die entsprechenden Teile vor und während des Verbindungszyklus zusammenhält, oder aber eine Kraft ist, die selbst ein Parameter der Verbindungstechnik oder des Verbindungsverfahrens ist.

Unterschiedliche Verbindungsverfahren erfordern unterschiedliche, bestimmte Unterstützung durch die jeweilige Klemmwirkung oder den jeweiligen Kraftparameter in dem Verbindungsverfahren. Allgemein ist aber als Faktor ein verbesserter und genau gesteuerter Kontakt in dem Verbindungsbereich zu nennen.

Während des gesamten Verbindungszyklus ist eine vollständige Beherrschung der Werkzeugkraft erwünscht, die entweder fest oder variabel ist. Wenn die Kraftsteuerung verbessert ist, sind auch die Verbindungsqualität und die Reproduzierbarkeit verbessert. Diese Vorteile sind in jedem Falle wünschenswert; sie sind dabei jedoch sehr bedeutsam im Zuge der Entwicklung des Verfahrens, bei der eine große Vielzahl von mit anderen programmierbaren Parametern gekoppelten Kraftplänen entwickelt bzw. ausgewertet werden muß.

Viele kraftausübende Mechanismen in bisher bekannten Verbindungs- und Schweißvorrichtungen sind rein mechanischer Natur; sie erzeugen eine einzige bestimmte Kraft mittels verstellbarer Federn oder Gewichte. Andere bekannte Kraftsysteme haben veränderbare Kraftprogramme benutzt, welche durch ein Rückkopplungssignal zum Zwecke der Kraftregulierung verstärkt wurden. Derartige Systeme sind jedoch in Bezug auf die integrierten Schaltungen derart massiv, daß eine Verminderung der genauen Steuerung mit der Werkzeugverschiebung zunimmt.

Wenn zwei oder mehr Arbeitsstücke dauerhaft durch Schweißung, Thermodruckverbindung, Verschmelzung, Rückflußlötlung oder durch Anwendung anderer Verfahren oder Techniken zu verbinden sind, wird normalerweise eine größere Energiequelle benötigt, um die Verbindung zu fördern. Viele Energieformen werden je nach Forderung durch das jeweilige Verfahren laufend benutzt. Zu diesen Energieformen gehört die Infrarotstrahlung. Obwohl eine Anzahl von Fokussierungssystemen bereits entwickelt worden ist, ist jedoch keines dieser Systeme für die Herstellung integrierter Schaltungen geeignet, bei deren Herstellung die abgegebene Strahlung auf einen kleinen Bereich (in der Größenordnung von ca. 1,3 bis 2,5 mm - entsprechend 50 bis 100 mil) beschränkt

werden muß. Außerdem muß dabei eine konstant steuerbare Temperatur gleichzeitig mit einer Verbindungskraft an die Arbeitsstücke abgegeben werden.

Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes elektromagnetisches Kraftsystem zu schaffen.

Gelöst wird die vorstehend aufgezeigte Aufgabe durch die im Patentanspruch 1 angegebene Erfindung.

Gemäß der Erfindung ist eine Verbindungsvorrichtung für die Herstellung integrierter Schaltungen vorgesehen, welche erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, daß eine Infrarotstrahlungsquelle zur Erhitzung vorgesehen ist, daß ein Objektiv zur Fokussierung der Strahlung der Infrarotstrahlungsquelle vorgesehen ist, daß eine Oberfläche des Objektivs zur Berührung einer integrierten Schaltung dient, wobei aus dieser Oberfläche die fokussierte Strahlung abgegeben wird, und daß Einrichtungen vorgesehen sind, die eine mechanische Kraft an das Objektiv abgeben, wobei durch das betreffende Objektiv bzw. durch die betreffende Linse die genannte Kraft und die genannte Wärme an die integrierte Schaltung abgegeben werden.

Durch die Erfindung ist ferner ein Verfahren zur dynamischen Steuerung der Energie geschaffen, die an ein Verbindungswerkzeug abgegeben wird, welches für die Herstellung integrierter Schaltungen verwendet wird. Dieses Verfahren ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug zur Berührung des integrierten Schaltungs-Werkstücks auf bestimmte Signale von einem Herstell-Programmgenerator her gespeist wird, daß die an das Arbeitsstück durch das gespeiste Werkzeug

abgegebene Kraft ermittelt wird, daß die durch die Arbeitsstückdeformation hervorgerufene Bewegung des gespeisten Werkzeugs ermittelt wird, daß für die ermittelte Kraft und für die ermittelte Bewegung kennzeichnende Signale mit Bezugssignalen verglichen werden, die von dem Herstell-Programmgenerator erzeugt werden, und daß die an das Werkzeug abgegebene Energie in Abhängigkeit von den Vergleicherausgangssignalen zum Zwecke einer dynamischen Variation der Schaltungsherstellparameter geändert wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Thermodruck-Verbindungsvorrichtung vorgesehen, die eine Wärmequelle in einem optisch-mechanischen System in Kombination mit einem Raum-Kraft-Steuermechanismus verwendet. Dieser Steuermechanismus liefert über die von der Werkzeugverschiebung unabhängige Rückkopplungssteuerung die entsprechende Stabilität. Das optisch-mechanische System enthält eine Wärmequelle, eine Fokussierungsanordnung und ein Verbindungsobjektiv bzw. eine Verbindungs-Linse.

Die Strahlung der Strahlenquelle wird kollimiert und zusammengefaßt an das Verbindungsobjektiv abgegeben. Das Verbindungsobjektiv ist so ausgelegt, daß die Strahlung nur in dem Verbindungsbereich fokussiert ist. Die ebene Unterflache des Objektivs selbst wird in Kontakt mit den Arbeitsstücken gebracht. Damit dient das Objektiv auch als mechanisches Element, durch das die Haltekraft sowie die Druckkraft für die Verbindung ausgebreitet wird. Der Kraftparameter für die Thermodruckverbindung wird durch ein durch Rückkopplung steuerbares elektromagnetisches Kraftsystem geliefert.

Obwohl eine Vielzahl von Schweißspitzen und anderen Werkzeugen in Verbindung mit dem Kraftsteuersystem benutzt werden kann, beschreibt die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ein Werkzeug mit einer den Verbindungsbereich berührende Linse, durch die Infrarotstrahlung geleitet und derart fokussiert wird, daß die Wärmeenergie zur Vervollständigung der Verbindung geliefert wird. Die Bewegungsgeschwindigkeit der Kraftsystem-Trageinrichtung, die Werkzeugkraft, die Werkzeugverschiebung und die Werkzeugleistung (d.h. die Wärme, Vibration oder sonstige dem Werkzeug zugeführte Energiekomponente) sind Variable und in Bezug auf die Zeit gemeinsam programmierbar. Entweder durch Auswechseln der Werkzeuge oder durch Verwendung desselben Werkzeugs, das an der Werkzeugtragplatte angebracht ist, können Arbeitsstücke vor der Verbindung kalt gehämmert mit zunehmender oder abnehmender Kraft während der Materialklümbchenbildung behandelt oder durch eine Schmiede-Steuerverbindung in einer programmierten und in hohem Maße wiederholbaren Weise verbunden werden.

An Hand von Zeichnungen wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine mit einer Druckkopfanordnung gemäß der Erfindung ausgerüsteten Verbindungsvorrichtung zur Herstellung integrierter Schaltungen.

Fig. 2 zeigt eine Ultraschall-Verbindungsspitze, die in dem elektromagnetischen Kraftsystem gemäß der Erfindung verwendbar ist.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht einer Vorrichtung gemäß der Erfindung unter Veranschaulichung der eine elektromagnetische Kraft ausübenden Kopfanordnung.

Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht längs der in Fig. 3 eingezeichneten Linie 4-4 unter Veranschaulichung der Anordnung einer Feldspule und eines umgeklappten Eisenkerns.

Fig. 5 zeigt in einem Diagramm eine Werkzeugverschiebung in Abhängigkeit von einer Kraft, und zwar vergleichsweise bei der Erfindung und bei dem Stand der Technik.

Fig. 6 zeigt schematisch einen Ausschnitt der optisch-mechanischen Thermodruck-Verbindungswerkzeuganordnung gemäß der Erfindung.

Fig. 7 zeigt Einzelheiten einer Verbindungs-Linse gemäß Fig. 6.

Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht der Verbindungs-Linse gemäß Fig. 7 entlang der dort eingetragenen Linie 8-8.

Fig. 9 zeigt ein Blockdiagramm eines Steuersystems.

In Fig. 1 ist ein Verbindungsmechanismus gezeigt, der zur Herstellung integrierter Schaltungen entsprechend ausgelegt ist. An einem Kraft-Kopfträger 14 ist eine elektromagnetische Kraft ausübende Kopfanordnung 5 angebracht. Der Kraft-Kopfträger 14 ist über einen herkömmlichen Bewegungsmechanismus 16 mit einer Antriebseinrichtung verbunden, die als Elektromotor 18 dargestellt ist. Der Elektromotor 18 liefert über den Antriebsmechanismus 16 eine Antriebskraft für die vertikale Bewegung der Kraftkopfanordnung 5 zu einer Arbeitsfläche 20 hin bzw. von dieser weg. An einer Werkzeugtragplatte 50 ist ein Verbindungswerkzeug 30 angebracht. Das Verbindungswerkzeug 30 ist in der Weise dargestellt, daß es unmittelbar oberhalb eines Werkstücks liegt, welches ein integriertes Schaltungsplättchen 22 enthält, das mit Verbindungselementen 24 zu verbinden ist, welche auf einem Substrat bzw. Träger 26 vorgesehen sind. Das Substrat 26 kann andere integrierte Schaltungselemente enthalten. Das Verbindungswerkzeug 30 ist in Fig. 1 als Heizelement vom Widerstandstyp dargestellt. Der zur Erhitzung des Heizelements dienende elektrische Strom kann über Leiter 32 und 33 von einer geeigneten, jedoch nicht näher dargestellten Speisequelle zugeführt werden.

In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform gezeigt, bei der das an der Werkzeugtragplatte 50 der Kraftkopfanordnung 5 angebrachte Verbindungswerkzeug 30 eine Ultraschallverbindungs-
vorrichtung ist. Dem Verbindungswerkzeug 30 wird Ultraschallenergie von einer (nicht gezeigten) Ultraschall-Speisequelle über Gleiter 34 und 35, einem Ultraschallwandler 40 und einem Horn 38 zugeführt. Andere Arten von Verbindungswerkzeugen können jedoch auch verwendet werden. Das einzige Kriterium ist dabei jedoch die von dem Werkzeug auf das Arbeitsstück abgegebene Energie.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht durch die in Fig. 1 dargestellte Kraftkopfanordnung 5. Die Kraftkopfanordnung 5 enthält ein oberes Gehäuse 8 und ein unteres Gehäuse 12. An dem oberen Gehäuse 8 ist ein Grundteil 55 mit einer Mittelöffnung 53 angebracht. Das betreffende Grundteil 53 weist einen Ansatz 54 auf. In dem Grundteil 55 ist eine ringförmige Kammer 58 gebildet, durch die ein eine Kühlwirkung entfaltendes Fluidmittel, bei dem es sich um Wasser handeln kann, zirkuliert wird. Ein Wasseranschluß 56 bewirkt dabei den Eintritt in die Ringkammer bzw. ringförmige Kammer 58 für das Kühlwasser von einer hier nicht näher dargestellten externen Quelle her. Ein zweiter Wasseranschluß (nicht dargestellt) dient als Auslaßöffnung für das zirkulierende Kühlwasser. An dem Grundteil 55 ist eine im wesentlichen toroidförmige felderzeugende Spule 60 mit Zuführleitungen 62 für einen elektrischen Strom angebracht. Diese Spule 60 ist von dem Grundteil 55 aber elektrisch isoliert. Die Zuführleitungen 62 sind durch eine Öffnung in dem oberen Gehäuse 8 geführt und mit einer geeigneten elektrischen Stromquelle verbunden, wie z.B. mit einer durch eine Spannung steuerbaren Stromquelle 162 (Fig. 9). Konzentrisch zu der festliegenden Spule 60 und um diese Spule 60 herum befindet sich ein

bewegbarer geklappter tassenförmiger Eisenkern 70 mit einem Mittelteil 72, einem geschlossenen Ende 74 und einer Seitenwand 76. Der geklappte Kern 70 stellt das Antriebselement des elektromagnetischen Kraftsystems dar. An dem geklappten Kern 70 sind Bauelemente des zentral angeordneten Axialteils der Kraftkopfanordnung angebracht.

In Fig. 4 ist eine Schnittansicht längs der in Fig. 3 eingezeichneten Schnittlinie 4-4 gezeigt. Dabei ist die Anordnung der verschiedenen Bauelemente dargestellt, umfassend das Kraftelement in dem oberen Gehäuse 8 der Kraftkopfanordnung 5. Der geklappte Eisenkern, der die Seitenwand 76 und das Mittelteil 72 enthält, ist konzentrisch um die Spule 60 herum liegend dargestellt. Die toroidförmige Spule 60 ist als um den Grundteilansatz 54 liegend dargestellt; sie ist von diesem Teil 54 durch eine elektrische Isolierschicht 52 getrennt. Die elektrische Isolierschicht 52 kann aus irgendeinem geeigneten Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit bestehen, wie aus gefülltem Epoxyharz. Der Grundteilansatz 54 besteht vorzugsweise aus einem nichtmagnetischen Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, um die durch die Spule 60 erzeugte Wärme in dem Kühlwasser schnell ableiten zu können, das in der in dem Grundteil gebildeten Ringkammer 58 umläuft.

Zurückkommend auf Fig. 3 sei bemerkt, daß in dieser Figur eine Verschiebungs-Wandleranordnung 80 gezeigt ist, die einen feststehenden Teil 81 aufweist, der an dem oberen Gehäuse 8 angebracht ist, und die einen bewegbaren Verschiebungsfühler 82 aufweist. Von der Wandleranordnung 80 führen Drähte bzw. Leitungen 83 weg, welche Spannungssignale führen, die kennzeichnend sind für die durch den Fühler 82 ermittelte Verschiebung. Der bewegbare Fühler 82 ist über eine Welle 78 und eine Verlängerung 75 an dem ge-

geschlossenen Ende des geklappten Eisenkerns 70 angebracht. Die Verlängerung 75 gleitet in einer an dem oberen Gehäuse 8 angebrachten Kugellagerleerlaufbuchse.

An dem unteren Ende des Mittelteils 72 des Kerns 70 ist über ein Stabverbindungsglied 88 eine Lastzelle 100 angebracht. Das Stabverbindungsglied 88 ist von einem gerippten Wärmeabsenkglied 86 umgeben, welches derart axial angeordnet ist, daß es neben der ringförmigen Kühlwasserkammer 58 liegt und von dieser umgeben ist. Das in der Ringkammer 58 umlaufende Kühlwasser absorbiert Wärme durch Konduktion von der ein Feld erzeugenden Spule 60 als dem Hauptwärmegenerator. Das betreffende Kühlwasser dient jedoch auch dazu, Strahlungswärme von dem Wärmeabsenkglied 86 zu absorbieren, das mit dem geklappten Kern 70 in Wärmekontakt ist. Demgemäß wird die Umgebungstemperatur des elektromagnetischen Kraftelements durch die schnelle Zirkulation des Kühlwassers auf einem konstanten Wert gehalten, wobei Kraftänderungen als Funktion einer Wärmeänderung vermieden sind.

Die Lastzelle 100 enthält einen Kraftwandler 98 und ein Wandlergehäuse 94. Von dem Wandlergehäuse 94 stehen ein oberer Flansch 91 und ein unterer Flansch 92 nach außen weg. Die Flansche 91 und 92 sind mit dem axialen Teil bewegbar, und sie wirken mit festliegenden ringförmigen Flanschen 95 und 97 zusammen, die an der Innenfläche des unteren Gehäuses 12 angebracht sind und von dieser Innenfläche hervortreten. Die Flansche verlaufen nach innen zu der Mittelachse der Kraftkopfanordnung hin. Die Flansche 95 und 97 sind während des Betriebs der Kraftkopfanordnung fest, jedoch zur Einstellung verschraubbar. Der festliegende Flansch 95 wirkt mit dem bewegbaren Flansch 91 an dem Wandlergehäuse 94

unter Bildung eines oberen Anschlags zusammen, der die Aufwärtsbewegung des axialen Teils der Kraftkopfanordnung begrenzt. Der feste Flansch 97 wirkt mit dem an dem Wandlergehäuse vorgesehenen Flansch 92 in der Weise zusammen, daß ein unterer oder Vorlast-Anschlag gebildet ist, der die Abwärtsbewegung des axialen Teils begrenzt. Als Anschlag-elemente sind O-Ringe 93 vorgesehen.

Die Leitungen 90 führen Spannungssignale, welche kennzeichnend sind für die durch den Kraftwandler 98 ermittelte Kraft; sie sind durch geeignete Öffnungen in dem Wandlergehäuse 94 und in dem unteren Kraftkopfgehäuse 12 hindurchgeführt. An einem Ende des Wandlers 98 ist eine Welle 96 angebracht, die sich von dem Wandler nach unten durch eine in dem Wandlergehäuse 94 befindliche Öffnung hindurcherstreckt. Das gegenüberliegende Ende der Welle 96 ist an einem Querbügel 44 angebracht.

Die Welle 96 verläuft coaxial zu einer Feder 42 sowie durch diese Feder hindurch. Die Feder 42 ist zwischen einem Federsitz 99, der in dem unteren Ende des Wandlergehäuses 94 gebildet ist, und einer einstellbaren Federführung 43 vorgesehen. Die Federführung 43 ist in das untere Gehäuse 12 eingeschraubt. Die Welle 96 läuft durch eine Mittelöffnung in der Federführung 43 hindurch. Unterhalb der Federführung 43 ist der Querbügel 44, an dem die Welle 96 angebracht ist. An dem Querbügel 44 sind ferner zwei zylindrische Spitzenführungsschäfte 46 angebracht, die gleitbar in Lagern 48 an dem unteren Ende des Kraftwandlergehäuses 94 aufgenommen sind. Die Werkzeugtragplatte 50 ist an den Spitzenführungsschäften 46 befestigt.

Die durch die elektromagnetische Kernanordnung hervorgerufene Kraft breitet sich somit unmittelbar durch den Kraftwandler 98, die Welle bzw. den Schaft 96 und die Spitzenführungsschäfte 46 auf das Werkzeug aus, das an der Werkzeugtragplatte 50 befestigt ist. Die Verschiebung des Kraftwandlers 98 ist vernachlässigbar. Durch geeignete Öffnungen in dem unteren Gehäuse 12 und dem Wandlergehäuse 94 verlaufen elektrische Leiter hindurch, die den Kraftwandler 98 mit dem Rückkopplungssystem verbinden. Die elektrischen Leitungen verbinden die Verschiebungswandleranordnung 80 mit dem Kraftsystem-Rückkopplungsnetzwerk. Die Leitungen 62 führen dabei den für die Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes in der Spule 60 dienenden elektrischen Strom.

Das in der Kraftkopfanordnung 5 vorgesehene Kraftelement enthält den bewegbaren umgeklappten Eisenkern 70, der durch die das konstante Feld erzeugende Spule 60 angetrieben wird. Der umgeklappte Eisenkern 70 bewirkt eine Aufteilung der Magnetisierung, welche der erwünschten, zur Abgabe einer Kraft führenden Magnetisierung entgegengesetzt ist. Erreicht wird dies durch einen Weg niedrigen magnetischen Widerstands an dem geschlossenen Ende 74, in dem die Änderung der Flußdichte am stärksten ist. Das Ergebnis ist ein eine Kraft erzeugendes Element mittlerer Stärke (im Bereich von 0 bis 15 Pfund), dessen Kraft relativ unabhängig von einer Verschiebung zwischen dem Kern 70 und der Spule 60 ist. Die erzeugte Kraft läßt sich durch folgende Gleichung angeben:

$$\text{Kraft } F_x = \frac{B_s A (NI) 1}{(4R^2 + 1^2)^{1/2} 2(1-x)} \quad \text{für } 0 \leq x \leq \frac{1}{2}$$

Hierin bedeuten

F = Kraft in Newton

B_s = Flußdichte des gesättigten Kerns

- NI = Amperewindungen der Spule
- l = Länge der Spule
- R = Radius der Spule
- A = Querschnittsfläche des Kerns
- x = Verschiebung des Kerns von der vollständig eingesetzten Lage.

Fig. 5 zeigt graphisch den durch die Erfindung erzielten Vorteil gegenüber bisher bekannten elektromagnetischen Krafterzeugungssystemen. Die durch die bisher bekannten Systeme erzeugte Kraft läßt sich generell durch folgende Gleichung angeben:

$$\text{Kraft } F \propto \frac{U_o (NI)^2}{4 \pi x^2 [(1-x) + U_r x]^2} \quad \text{für } 0 \leq x \leq \frac{1}{2}$$

Hierin haben die angegebenen Symbole die zuvor aufgeführten Bedeutungen; außerdem bedeuten

U_o = Luftpermeabilität und

U_r = relative Permeabilität des Eisenkerns.

In Fig. 5 ist die Stabilität der Erfindung veranschaulicht, indem die Werkzeugverschiebung in Abhängigkeit von der Kraft in einem Diagramm angegeben ist. Die Verschiebung ist längs der Abszisse des Diagramms als Zunahme der Spulenlänge angegeben. Die in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschriebene Spule weist eine Länge auf, die etwa 51 mm (entsprechend 2 Zoll) beträgt. Ein praktischer Verschiebungsbereich liegt etwa bei ca. 13 mm (entsprechend 1/2 Zoll) oder zwischen 0 und 0,25 l, wobei l die Länge der Spule bedeutet.

Längs der Ordinate des Diagramms ist die normierte Kraft aufgetragen. Der Normierungsfaktor ist dabei willkürlich und lediglich aus Zweckmäßigkeitsgründen in der angegebenen

Weise gewählt. Der Kraftnormierungsfaktor entspricht der Funktion $F(x)$, und zwar für $x = \frac{1}{2}$ berechnet. Mathematisch ausgedrückt heißt dies:

$$F_{\text{normiert}} = \frac{F(x)}{F(x)} / x = \frac{1}{2}$$

Die untere Kurve in Fig. 5 veranschaulicht die Verschiebung in Abhängigkeit von der Kraft bei der bevorzugten Ausführungsform des Kraftelements gemäß der Erfindung. Ein Kern mit einer Permeabilität U_r von 1000 wurde dabei ausgewählt. Über den praktischen Verschiebungsbereich von 0 bis 0,25 1 ist die normierte Kraftänderung in dem betreffenden Kern vernachlässigbar; sie ist kleiner als 0,2. Über denselben Bereich der Kraft-Verschiebungs-Kurve ändert sich bei dem Stand der Technik die normierte Kraft (mit abnehmender Verschiebung) um mehr als drei Größenordnungen, nämlich von etwa 12 auf mehr als 10^4 .

In Fig. 4 ist schematisch eine Schnittansicht der Thermo-Druck-Verbindungswerkzeuganordnung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Eine kollimierte Infrarotstrahlung abgebende herkömmliche Strahlungsquelle umfaßt dabei eine Infrarotlampe 102, einen Parabolreflektor 104 zur Strahlungskollimierung und eine Kondensorlinse 105. Die Infrarotstrahlungsquelle ist so angebracht, daß sie sich mit dem Werkzeug zu bewegen erlaubt (wie z.B. in dem Bewegungsmechanismus 16 gemäß Fig. 1). Die Verbindungswerkzeuganordnung selbst enthält ein Tragteil 108, das an der Werkzeugbefestigungsplatte bzw. Werkzeugtragplatte 50 angebracht ist. An dem Tragteil ist ein zylindrischer Linsenschlitten 110 angebracht, der eine Öffnung 109 aufweist. Durch diese Öffnung 109 wird die kollimierte Strahlung hindurchgeleitet. In dem Linsenschlitten 110 ist ein

Reflektor 112 angebracht, der die Strahlung nach unten durch den Linsenschlitten 110 zu einer halbkugligen Oberfläche 128 einer Verbindungslinse 130 hinleitet. Mit einer ebenen Arbeitsfläche 132 der Verbindungslinse 130 befindet sich ein integriertes Schaltungsarbeitsstück in mechanischem Kontakt. Dieses Arbeitsstück ist seinem Wesen nach dem in Fig. 1 dargestellten Arbeitsstück ähnlich. Das Arbeitsstück kann durch irgendeine integrierte Schaltung aus einer Vielzahl integrierter Schaltungsformen^{gebildet} sein, die entweder Vielfach- oder Einzelverbindungen erfordern. Das Arbeitsstück enthält ein Substrat 26, das aus irgendeinem geeigneten Material bestehen kann, wie z.B. aus einem Polyimidkunststoff. Das Arbeitsstück ist auf der Arbeitsfläche 20 angebracht. Die Verbindungselemente 24 können aus Kupfer oder irgendeinem anderen geeigneten leitenden Material bestehen, das mit dem integrierten Schaltungselement 22 verbunden ist. Die Verbindungslinse 130, die in Fig. 6 als in der Verbindungsposition befindlich dargestellt ist, fokussiert die Infrarotstrahlung in den Verbindungsbereich und gibt damit die Wärmeenergie zur Vervollständigung der Wärmedruckverbindung ab.

Bei einer typischen Verbindungsoperation ist die Verbindungswerkzeuganordnung mit der in entsprechender Stellung befindlichen Verbindungslinse 130 an einem geeigneten Transportmechanismus angebracht, wie er u.a. in der zuvor beschriebenen Kraftkopfanordnung vorgesehen ist. Die Arbeitsstücke werden entsprechend ausgerichtet, die Verbindungslinse wird mit dem jeweiligen Arbeitsstück in Kontakt gebracht, ferner wird eine geeignete Kraft ausgeübt, und schließlich wird die Infrarotstrahlungsquelle für eine bestimmte Zeitspanne aktiviert. Am Ende der betreffenden bestimmten Zeitspanne, wenn die Verbindung abgeschlossen ist, wird die

Infrarotquelle bzw. Infrarotstrahlungsquelle abgeschaltet, und der Linsenschlitten wird von dem Arbeitsstück wegbewegt.

Die neuen Merkmale und Einzelheiten der Verbindungslinse 130 sind in Fig. 7 veranschaulicht. Die Gestaltungserwägungen erfordern, daß die Verbindungslinse die zugeführte Strahlung auf einen kleinen Bereich (in der Größenordnung von ca. 1,3 mm bis 2,5 mm - entsprechend 50 bis 100 mil) begrenzt und daß der aktive Energiebereich wirtschaftlich verändert werden kann, damit eine Anpassung an eine Vielzahl von Verbindungsbereichen erzielt wird. Als Linsenmaterial wurde Glas oder dgl. ausgewählt, das eine bei nahe Null liegende Absorption für das Infrarotspektrum aufweist. Bezugnehmend auf Fig. 7 sei bemerkt, daß die Verbindungslinse 130 aus einem Zylinderstab geschliffen ist, um die halbkugelförmige Oberseite 128 zu erhalten. Der Brennpunkt f' der halbkugelförmigen Linse liegt im Innern der betreffenden Linse. Die Seiten 134 der Linse sind abgeschrägt geschliffen, um die Abmessungen der Unterseite der Linse auf den Verbindungsbereich zu begrenzen. Die abgeschrägt verlaufenden Seiten 134 sind roh geschliffen und unpoliert gelassen. Die unpolierten, abgeschrägt verlaufenden Seiten bewirken eine Zerstreung und damit eine Ausblendung jeglicher Streustrahlung. Eine polierte ebene Verbindungsfläche 132 kann von dem Brennpunkt f' um einen Abstand getrennt sein, der so berechnet ist, daß ein kreisförmiger Strahlungspunkt mit bestimmtem Durchmesser auf der Oberfläche 132 auftritt. In Fig. 7 sind z.B. drei zusätzliche Arbeitsflächenebenen 132a, 132b und 132c dargestellt, die so gewählt sein können, daß sie einem kreisförmigen Strahlungspunkt mit zunehmend kleinerem Durchmesser ausgesetzt sind als die ursprüngliche ebene Verbindungsfläche 132. In Fig. 8 ist eine Unteransicht der

Verbindungslinse 130 gezeigt, wobei die ebene Arbeitsfläche 132, die abgeschrägt verlaufenden Seiten 134 und der die fokussierte Strahlung abgebende Kreis 131 dargestellt sind.

Die Gestaltungserwägungen für die Verbindungslinse 130 sind unter Berücksichtigung eines Luftbrechungsindex n und eines Brechungsindex n' für das Linsenmaterial wie folgt gegeben:

1. Gaußsches Gesetz für einzelne sphärisch gekrümmte Oberflächen

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{r}$$

$$\therefore \frac{n'}{f'} = \frac{n' - n}{r} \quad , \quad \text{d.h. } s = \infty$$

$$\text{oder } f' = \frac{n' r}{n' - n}$$

$$2. \tan \frac{\beta}{2} = \frac{r}{f'} = \frac{n' - n}{n'} = 1 - \frac{n}{n'}$$

$$\text{oder } \beta = 2 \tan^{-1} \left(1 - \frac{n}{n'} \right)$$

In Fig. 9 ist in einem Blockdiagramm ein Steuersystem gemäß der Erfindung mit geschlossener Rückkopplungsschleife gezeigt. Die in Blockform auf der rechten Seite der Kraftkopfanordnung 5 dargestellten Elemente sind herkömmliche elektrische und elektronische Schaltungen. So kann z.B. der mit Positions-Programmgenerator bezeichnete Block 150 eine numerische Steueranordnung oder dgl. sein, welche digitale Verknüpfungsschaltungen, eine elektromechanische Anordnung oder eine Kombination derartiger Anordnungen bzw. Schaltungen verwendet. In diesem Zusammenhang sei bemerkt, daß es die Art und Weise ist, in der die zuvor erwähnten Elemente mit der Kraftkopfanordnung 5

und dem Werkzeug 30 zusammenwirken, was ein neues Merkmal der Erfindung darstellt. Die Verwendung der einzelnen Schaltungselemente selbst stellt noch nicht die Erfindung dar.

Bezugnehmend auf Fig. 9 sei bemerkt, daß die Kraftkopfanordnung 5 mit einer geeigneten Verbindungsspitze oder einem geeigneten Werkzeug 30 zu einem Arbeitsstück 21 auf einer Arbeitsfläche 20 mittels eines Antriebsmechanismus bewegt wird, der durch den Block 17 dargestellt ist. Diese Bewegung erfolgt auf ein Betätigungssignal von einem Positions-Programmgenerator 150 her. Wenn das Werkzeug das Arbeitsstück berührt, wird ein Signal von dem Verschiebungswandler 80 über die Leitungen 83 zu einem Vergleicher 152 hin übertragen. In dem Vergleicher 152 wird ein Fehlersignal erzeugt, indem das Rückkopplungssignal von dem Verschiebungswandler mit einem Positions-Bezugssignal von dem Positions-Programmgenerator 150 her verglichen wird. Das Fehlersignal wird dem Positions-Programmgenerator 150 über die Leitung 151 übertragen. Der Positions-Programmgenerator kann auf das Auftreten des Fehlersignals von dem Vergleicher 152 hin das Betätigungssignal für den Antriebsmechanismus 17 unwirksam machen. Auf das Auftreten eines Fehlersignals von dem Vergleicher 152 kann der Positions-Programmgenerator 150 auch ein Kraft-Programm auslösen, indem dies dem Kraft-Programmgenerator 156 über die Leitung 157 signalisiert wird.

Der Kraft-Programmgenerator 156 überträgt ein Kraftsignal an die durch Spannungen bzw. eine Spannung steuerbare Stromquelle 162. Diese Stromquelle 162 betätigt das elektromagnetische Kraftelement 65 durch Abgabe eines Stroms durch die Leitungen 62 zu einem Zeitpunkt, der entweder durch das Positions-Programm oder durch das Kraft-Programm bestimmt

ist. Ein Signal wird dabei zu einem geeigneten Zeitpunkt entweder durch den Positions-Programmgenerator oder durch den Kraft-Programmgenerator erzeugt und der Werkzeugsteuerschaltung 170 zugeführt, die ihrerseits die Werkzeug-Speisequelle 172 betätigt bzw. steuert. Die Werkzeug-Speisequelle 172 gibt über die Leitungen 174 und 175 Energie an das Werkzeug 140 ab. Die Leitung 174 stellt einen Weg für elektrische oder thermische Energie dar; die Leitung 175 stellt einen Weg für Vibrationsenergie oder mechanische Energie dar. Die durch das elektromagnetische Kraftelement 65 auf das Werkzeug ausgeübte Kraft (die durch den Kraft-Wandler 98 übertragen worden ist) wird durch den Kraft-Wandler ermittelt, und dem Vergleicher 154 wird über die Leitungen 90 ein Rückkopplungssignal zugeführt. Das analoge Spannungssignal des Kraft-Wandlers 98 wird in dem Vergleicher 154 mit einem Kraft-Bezugssignal von einem Kraft-Programmgenerator 156 her verglichen. Das so erzielte Ergebnis wird über die Leitung 155 dem Kraft-Programmgenerator zugeführt. Dabei wird eine sehr kleine Verschiebung des Werkzeugs infolge einer Arbeitsstückdeformation durch den Verschiebungs-Wandler 80 ermittelt, wodurch ein Rückkopplungssignal von dem Wandler 80 über die Leitung 83 an die Vergleicher 152 und 154 abgegeben bzw. übertragen wird.

An dieser Stelle sei auf die vollständige Dualität des Systems gemäß der Erfindung hingewiesen. Die Rückkopplungssignale von den beiden Wandlern 80 und 98 werden sowohl dem Positions-Vergleicher 152 als auch dem Kraft-Vergleicher 154 zugeführt. Die Ausgangssignale der beiden Vergleicher 152 und 154 werden sowohl dem Positions-Programmgenerator als auch dem Kraft-Programmgenerator zugeführt. Der Positions-Programmgenerator und der Kraft-Programmgenerator tauschen Steuersignale über die Leitung 157 aus. Der Ausgang der

durch Spannungen programmierbaren Stromquelle 162 kann freigegeben, geändert oder gesperrt werden, und zwar entweder durch ein Positions-Signal oder durch ein Kraft-Signal. Der Ausgang der Werkzeugsteuerschaltung 170 kann durch Signale freigegeben, geändert oder gesperrt werden, die entweder von dem Positions-Programmgenerator 150 oder von dem Kraft-Programmgenerator 156 abgegeben werden. Der Antriebsmechanismus 17 spricht auf ein Betätigungssignal von dem Positions-Programmgenerator 150 her an, der seinerseits einen Anreiz von dem Positions-Vergleicher 152, dem Kraft-Vergleicher 154 oder dem Kraft-Programmgenerator 156 her erhält. Damit kann eine unendliche Vielzahl von Programm-, Positions- und Werkzeugenergieprogrammen durch die Erfindung erzielt werden.

Ein typisches Beispiel für ein die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung benutzendes Wärmedruck-Verbindungsprogramm kann unter Bezugnahme auf Figuren 3, 6 und 9 beschrieben werden. Nach Anbringen der Infrarot-Verbindungsanordnung an die Werkzeugtragplatte 50 wird die Federführung 43 so eingestellt, daß das Gewicht des axialen Teiles gegenüber der Federkraft der Feder 42 ausgeglichen ist. Der Vorlast-Anschlag 97 wird dann so eingestellt, daß der O-Ring 93 mit dem an dem Wandlergehäuse 94 vorgesehenen Flansch 92 in Kontakt gelangt. Der obere Flansch 93 wird dann so eingestellt, daß eine Gesamtbewegung des axialen Teils von etwa 6,35 mm (entsprechend 1/4 Zoll) ermöglicht ist. In diesem Zusammenhang sei angenommen, daß eine Vorlast-Verbindungszusammenstellung erwünscht ist. Hierzu wird ein geeignetes Kraft-Signal der durch Spannungen programmierbaren Stromquelle 162 von dem Kraft-Programmgenerator 156 her zugeführt, um die erwünschte Kraft zu erhalten, wie sie durch das mit einem Kraft-Bezugssignal in dem Kraft-Vergleicher 154 verglichene Ausgangssignal

des Kraft-Wandlers 98 angezeigt ist. Der mechanische Antriebsmechanismus wird auf einen Anreiz von dem Kraft-Programmgenerator her derart aktiviert, daß die gesamte Kopfanordnung abgesenkt wird. Wenn die Verbindungslinse das Arbeitsstück berührt, ist das axiale Teil der Kraftkopfanordnung verschoben, und die Verschiebung ist mittels des Wandlers 80 festgestellt. Das entweder mit Hilfe des Vergleichers 152 oder des Vergleichers 154 ermittelte Verschiebungs-Wandler-Rückkopplungssignal kann der Anreiz zur Stillsetzung des mechanischen Antriebsmechanismus bilden. Die Infrarotstrahlungsquelle wird dann auf ein Signal von dem Kraft-Programmgenerator her gespeist. Die betreffende Infrarotstrahlungsquelle wird entweder zu einem bestimmten Zeitpunkt entsprechend dem Kraft-Programm oder auf das Rückkopplungssignal von dem Verschiebungs-Wandler hin freigegeben. Wenn die betreffende Verbindung hergestellt ist, wird die sehr geringe Verbindungslinsen-Verschiebung, die sich auf Grund der Arbeitsstückdeformation ergibt, dynamisch durch den Verschiebungs-Wandler 80 überwacht. Ist die in Frage kommende Verbindungsherstellung ermittelt, so wird die Infrarotstrahlungsquelle abgeschaltet, und nunmehr wird das Betätigungssignal für den Antriebsmechanismus 17 freigegeben, um die Verbindungslinse und die Kraftkopfanordnung von dem Arbeitsstück abzuheben.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur dynamischen Steuerung der an ein Werkzeug zur Herstellung von Verbindungen zu integrierten Schaltungen abgegebenen Energie, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (30) zur Berührung eines die jeweilige integrierte Schaltung (22) enthaltenden Arbeitsstückes (26) durch bestimmte Signale von einem Herstell-Programm-generator (150,156) gespeist wird, daß die auf das Arbeitsstück (26) durch das gespeiste Werkzeug (30) ausgeübte Kraft ermittelt wird, daß die durch die Arbeitsstückdeformation hervorgerufene Bewegung des Werkzeugs (30) ermittelt wird, daß für die ermittelte Kraft und für die ermittelte Bewegung kennzeichnende Signale mit Bezugssignalen verglichen werden, die von dem Herstell-Programmgenerator (150,156) erzeugt werden, und daß die an das Werkzeug (30) abgegebene Energie auf die Vergleichs-Ausgangssignale hin derart geändert wird, daß die Schaltungs-Herstellparameter dynamisch geändert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Werkzeug (30) Energie in Form von Hitze zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Werkzeug (30) Energie in Form von Hitze und Vibrationen zugeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Werkzeug (30) Energie in Form von Infrarotstrahlung zugeführt wird und daß das Werkzeug (30) mit einer die Strahlung fokussierenden Linse (130) die Berührung des die integrierte Schaltung (22) enthaltenden Arbeitsstückes (26) bewirkt.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Infrarotstrahlungsquelle (102) zur Erhitzung vorgesehen ist, daß eine Linse (130) zur Fokussierung der von der Infrarotstrahlungsquelle (102) abgegebenen Strahlung vorgesehen ist, daß eine Oberfläche (132) der Linse (130) zur Berührung der integrierten Schaltung (22) dient und die fokussierte Strahlung an diese integrierte Schaltung (22) abgibt, und daß Einrichtungen (5) vorgesehen sind, die eine mechanische Kraft an diese Linse (130) abgeben, wobei die betreffende Kraft und die Wärme durch die Linse (130) auf die integrierte Schaltung (22) übertragen werden.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Strahlungsquelle (102) abgegebene Strahlung in einem in der Linse (130) liegenden Brennpunkt fokussiert wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der genannten Oberfläche (132) der Linse (130) austretende fokussierte Strahlung entsprechend der Größe des Verbindungsbereichs begrenzt ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse (130) aus einem Glasstab mit einer gegenüber der die integrierte Schaltung (22) berührenden Oberfläche (132) liegenden halbkugligen Oberfläche (128) besteht.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse (130) Seiten (134) aufweist, die zwischen der halbkugligen Oberfläche (128) und der die integrierte Schaltung (22) berührenden Oberfläche (132) zugespitzt verlaufen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse (130) zumindest eine abgeschrägte Seite (134) neben der Oberfläche (132) aufweist, die die integrierte Schaltung (22) berührt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die abgeschrägte Seite (134) zur Abdeckung von Streustrahlung eine rohgeschliffene Fläche aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen (5) zur Abgabe einer Kraft diese dynamisch zu steuern gestatten.
13. System zur Krafterzeugung auf elektromagnetischem Wege mit einer Rückkopplungssteuerung, zur Herstellung von Verbindungen zu integrierten Schaltungen, insbesondere nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Arbeitsstück (26) zur Herstellung der Verbindungen zu der integrierten Schaltung (22) vorgesehen ist, daß eine elektromagnetische Einrichtung (65) vorgesehen ist, die eine Kraft an das Werkzeug (30) abgibt, daß Einrichtungen (98) vorgesehen sind, die die auf das Werkzeug (30) ausgeübte Kraft ermitteln, daß Einrichtungen (80) vorgesehen sind, die die Bewegung des Werkzeugs (30) auf Grund der Arbeitsstückdeformation ermitteln, daß Einrichtungen (170) vorgesehen sind, die durch die Bewegungs-Feststelleinrichtung (80) gesteuert eine Verbindungsenergie an das Werkzeug (30) abgeben, und daß Einrichtungen (152,154) vorgesehen sind, die durch die Kraftfeststelleinrichtung (98) und durch die Bewegungs-Feststelleinrichtung (80) gesteuert die Kraft und Energie zu ändern gestatten, welche an das Werkzeug (30) entsprechend einem bestimmten Herstellprogramm abgegeben werden.

14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (30) eine Schwingenergie von einer Verbindungs-Energiespeiseeinrichtung (172) benutzt.
15. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (30) sowohl eine Wärmeenergie als auch eine Schwingenergie von der Verbindungs-Energiespeiseeinrichtung (172) benutzt.
16. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (30) ein Wärme-Druck-Verbindungswerkzeug ist.
17. System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärme-Druck-Verbindungswerkzeug eine Infrarotstrahlungsquelle (102) zur Erhitzung und eine Linse (130) zur Fokussierung der von der Infrarotstrahlungsquelle (102) abgegebenen Strahlung enthält und daß eine Oberfläche (32) der Linse (130) zur Berührung des die jeweilige integrierte Schaltung (22) enthaltenden Arbeitsstücks (26) dient und die fokussierte Strahlung austreten läßt.
18. System nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine Spule (60) zur Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes vorgesehen ist, daß Einrichtungen (62) vorgesehen sind, die einen elektrischen Strom an die Spule (60) abgeben, daß ein eine Kraft erzeugendes, axial bewegbares Teil vorgesehen ist, das einen umgeklappten Eisenkern (70), einen an dem Eisenkern (70) angebrachten Verschiebungswandler (80) und einen an dem Eisenkern (70) angebrachten Kraftwandler (98) enthält, daß ein Werkzeug (50,30) an dem krafterzeugenden, axial bewegbaren Teil angebracht ist und daß Einrichtungen vorgesehen sind, die den der Spule (60) zugeführten Strom

in Abhängigkeit von Ausgangssignalen von dem Verschiebungswandler (30) und dem Kraftwandler (90) derart ändern, daß die dem Werkzeug (50,30) zugeführte Kraft entsprechend gesteuert ist.

19. System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß Temperaturregeleinrichtungen (58;86) vorgesehen sind, die eine ausgewählte Temperatur in dem krafterzeugenden Bereich beizubehalten gestatten.
20. System nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturregeleinrichtungen ein Grundteil (55) aufweisen, um das herum die Spule (60) gewickelt ist und das eine Kammer (58) aufweist, durch die ein Kühlmittel zirkuliert, und daß ein Wärmeabsenkglied (86) in Kontakt mit dem Eisenkern (70) und dem benachbarten Grundteil (55) ist.
21. System nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Eisenkern (70) im wesentlichen tassenförmig ausgebildet ist, ein geschlossenes Ende (74) und eine im wesentlichen zylindrisch ausgebildete Seitenwand (76) aufweist, daß der Eisenkern (70) ein Mittelteil (72) aufweist, das von dem geschlossenen Ende (74) absteht, daß eine festliegende, im wesentlichen toroidförmige Spule (60) zur Erzeugung eines Magnetfelds in dem Eisenkern (70) derart untergebracht ist, daß dessen Mittelteil (72) umgeben ist, daß koaxial zu dem Mittelteil (72) des Eisenkerns (70) der Verschiebungswandler (30) vorgesehen ist, der an dem geschlossenen Ende (74) des betreffenden Kerns (70) angebracht ist und der ein Ausgangssignal erzeugt, das kennzeichnend ist für die jeweilige Verschiebung des Kerns (70), daß

koaxial zu dem Mittelteil (72) des Kerns (70) der Kraftwandler (98) vorgesehen ist, der an diesem Mittelteil (72) angebracht ist und der ein Ausgangssignal erzeugt, das kennzeichnend ist für die durch den Kern (70) jeweils erzeugte Kraft, daß koaxial zu dem Kraftwandler (98) das Werkzeug (50,30) an diesem angebracht ist und daß Einrichtungen vorgesehen sind, die den der betreffenden Spule (60) zugeführten elektrischen Strom in Abhängigkeit von den Ausgangssignalen des Verschiebungs-Wandlers (80) und des Kraftwandlers derart zu ändern gestatten, daß die an das Werkzeug (50,30) abgegebene Kraft entsprechend gesteuert ist.

22. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zur Abgabe von Schwingenergie an das Werkzeug (50,30) vorgesehen sind.
23. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zur Abgabe von Wärmeenergie und Schwingenergie an das Werkzeug (50,30) vorgesehen sind.

28
Leerseite

33 eingegangen am 4. 1. 71

21 g 11-02 AT: 05.10.1971 OT: 06.04.1972

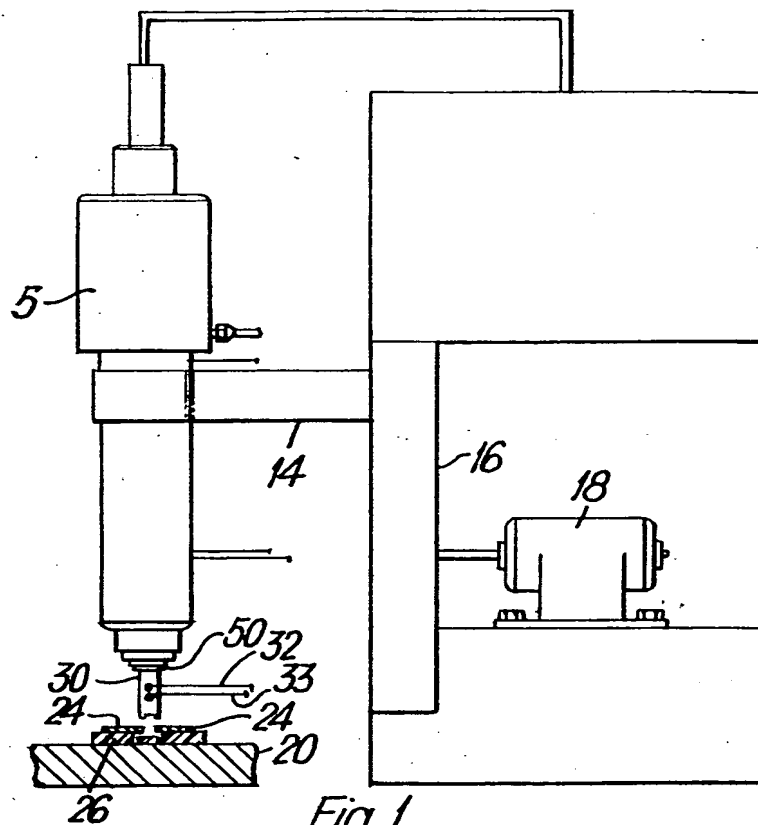


Fig. 1.

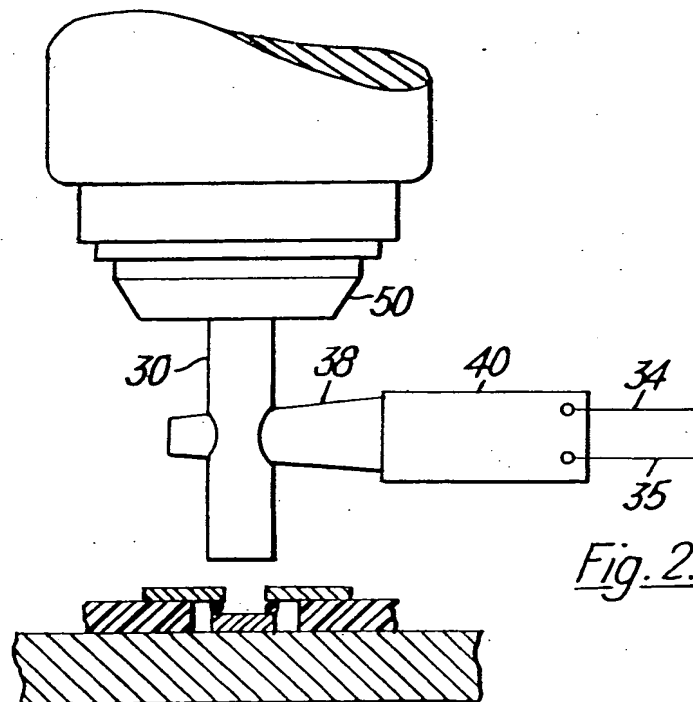
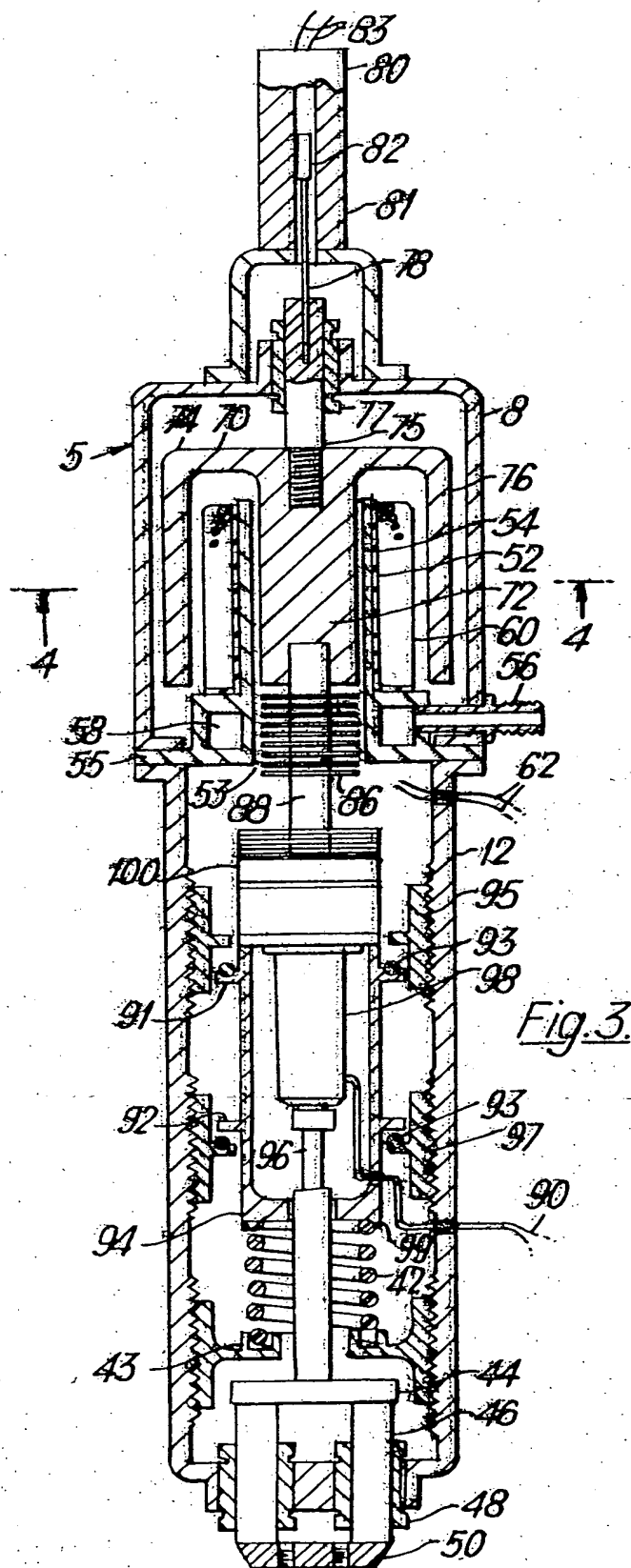


Fig. 2.

2149748

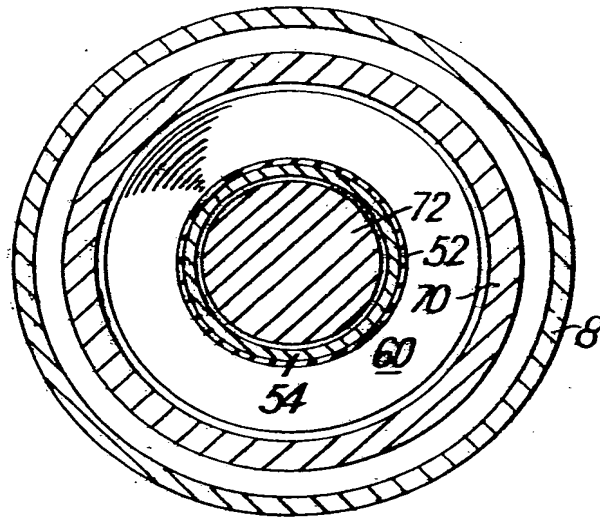
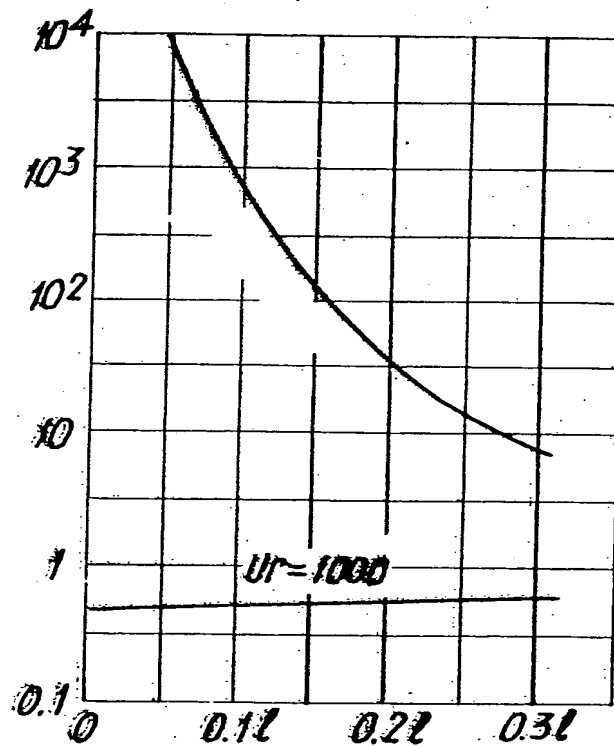
29

eingetragen am 4.11.71



30

eingegangen am 4.11.71

Fig. 4.Fig. 5.

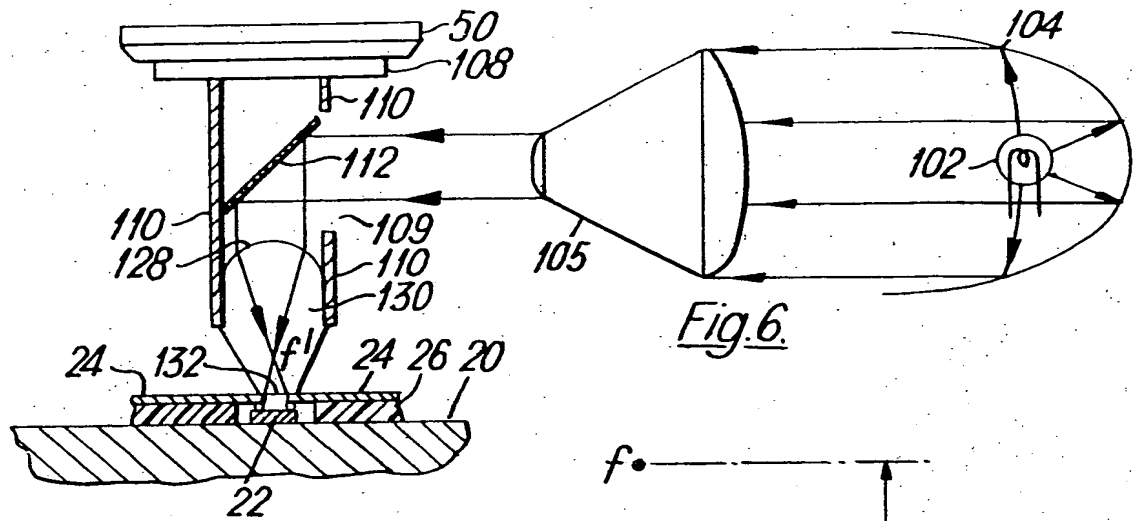


Fig. 6.

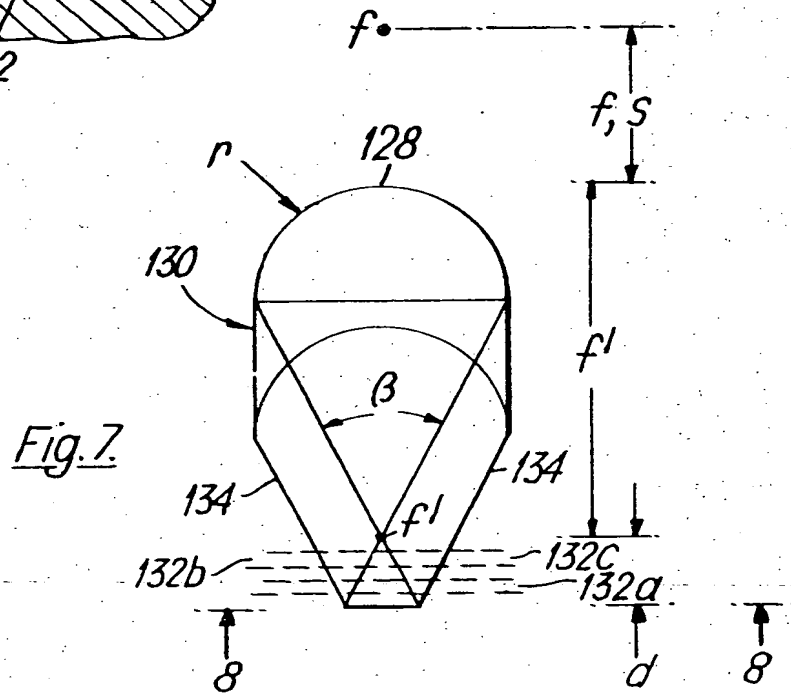


Fig. 7.

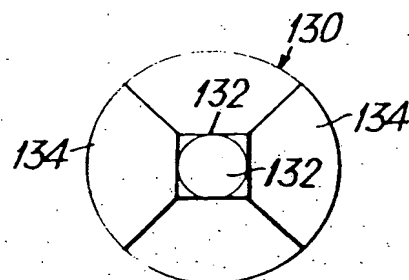


Fig. 8.

